

Ref. AS



(19) Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 091 573 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.04.2001 Patentblatt 2001/15

(51) Int. Cl.⁷: H04N 5/253

(21) Anmeldenummer: 00203418.9

(22) Anmeldetag: 03.10.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 08.10.1999 DE 19948873

(71) Anmelder:
• Philips Corporate Intellectual Property GmbH
52064 Aachen (DE)
Benannte Vertragsstaaten:
DE
• Koninklijke Philips Electronics N.V.
5621 BA Eindhoven (NL)
Benannte Vertragsstaaten:
FR GB

(72) Erfinder:
• Poetsch, Dieter, Prof.
52064 Aachen (DE)
• Richter, Detlef, Prof. Dr.
52064 Aachen (DE)
• Kurreck, Ines-Henrike
52064 Aachen (DE)

(74) Vertreter:
Volmer, Georg, Dipl.-Ing. et al
Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
Habsburgerallee 11
52064 Aachen (DE)

(54) Vorrichtung und Verfahren zur Wiedergabe von Lichttonaufzeichnungen

(57) Zur Wiedergabe von Lichttonaufzeichnungen tastet eine opto/elektronische Wandereinrichtung (1, 2', 2'', 11) die Lichttonspuren (3) eines Film (4) ab. Die erzeugten Bilddaten der Lichttonspuren (3) sind einem Framegrabber (14) zur Zwischenspeicherung zugeleitet. Eine Datenverarbeitungseinrichtung (13) verarbeitet

programmgesteuert die zwischengespeicherten Bilddaten. Für eine Tonwiedergabe werden die verarbeiteten Bilddaten der Lichttonspuren (3) nachfolgend in digitale Audiodaten und/oder analoge Tonsignale umgewandelt.

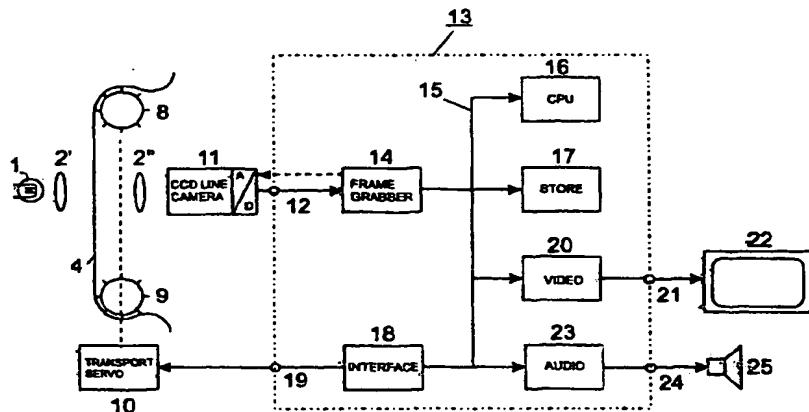


FIG. 1

EP 1 091 573 A2

REF. 1 DOCKET P1030134

CORRES. COUNTRY: _____

COUNTRY: PCT

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Wiedergabe von Lichttonaufzeichnungen für einen Filmabtaster mit einer opto/elektronischen Wandlereinrichtung zur Abtastung von auf Film aufgezeichneten Lichttonspuren, welche an einem Ausgang ein Bildsignal ausgibt. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Wiedergabe von Lichttonaufzeichnungen.

[0002] Bei 35-mm-Kinofilmen zeichnet man Toninformationen auf Lichttonspuren auf, die zwischen Bildinformationen und seitlichen Perforationslöchern liegen. Zur Wiedergabe der Toninformationen transportiert man den Film mit einer Geschwindigkeit von 24 Bildern pro Sekunde. Während des Filmtransports richtet man auf die Lichttonspuren einen Lichtstrahl. Der Lichtstrahl wird durch Transparenzunterschiede auf den Lichttonspuren moduliert und auf einen lichtempfindlichen Sensor gelenkt. Für eine Lautsprecherwiedergabe verstärkt man das von dem lichtempfindlichen Sensor abgebene analoge Tonsignal.

[0003] Es gibt unterschiedliche Lichttonspuren. Bei der sogenannten Sprossenschrift ist die Transparenz der Lichttonspur proportional zur aufgezeichneten Modulationsamplitude; bei der sogenannten Einzackenschrift ist es die Breite der klaren Fläche. Zur Reduzierung von Verzerrungen hat man eine einfache Doppelzacken- und zweifache Doppelzacken-Spuren eingeführt, die einander benachbart sind und die gleiche Modulationsinformationen tragen. Für eine stereophone Tonwiedergabe verwendet man doppelte zweiseitige Lichttonspuren.

[0004] Ältere, häufig verwendete Filme zeigen oft zwei Fehlerarten: Zum einen handelt es sich dabei um Schmutz und Staub auf der Oberfläche des Films, zum anderen um Kratzer in Laufrichtung des Filmes, sogenannte Laufschrammen, die verursacht werden durch mechanischen Kontakt der Filmführungselemente mit der Filmoberfläche. Lichttonspuren sind besonders empfindlich gegen Störungen durch Schmutz und Kratzer, deren Anzahl mit der Anzahl von Malen steigt, die die Kopie projiziert wird. Verzerrungen von Zischlauten der Sprache, ein sogenannter Donnereffekt, können durch Streufichteekte der Zackenschrift entstehen. Nichtlineare Verzerrungen können bei der Sprossenschrift durch eine nichtlineare Schwärzung entstehen, die z.B. bei der Abtastung von Tonnegativen vorliegt. Durch die relativ große Apertur der Spaltblende ist der Frequenzgang auf ca. 8 kHz begrenzt.

[0005] Zur Restaurierung von alten Kinofilmen wird heute der Bildteil auf einen neuen Filmträger kopiert und die Lichttonspur einspurig auf einen Magnetfilm übertragen, um zu verhindern, dass durch optisches Kopieren der Lichttonspuren die oft verschrammten und teilweise durch Schmutz gestörten Tonspuren auf den neuen Filmträger übertragen werden. Ferner wird durch Tonnachbearbeitung mit elektronischen Filtern und manueller Bearbeitung versucht, Knack- und Prassel-

geräusche aus dem Orginalton zu entfernen.

[0006] In der DE 197 29 201 A1 ist bereits ein Filmabtaster mit einer Einrichtung zur Abtastung von Lichttonspuren auf einem bandförmigen Träger beschrieben, bei welchem die Toninformation senkrecht zur Bewegungsrichtung des Trägers mit einer opto/elektronischen Wandlereinrichtung abgetastet wird. Die opto/elektronische Wandlereinrichtung tastet die Toninformation zeilenweise ab, um Abtastwerte für eine digitale zweidimensionale Filterung zu erzeugen. Die Lichttonspuren können dabei mit einem CCD-Zeilensensor abgetastet werden oder mit einem quer über die Tonspuren gelenkten Lichtfleck zur Steuerung eines Fotosensors.

[0007] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Wiedergabe von Lichttonaufzeichnungen nach der einangs Art zu schaffen, welche(s) die Beseitigung von Störungen ermöglicht.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Einrichtung zur Signalaufbereitung, welche an einem Eingang das Bildsignal vom Ausgang der opto/elektronische Wandlereinrichtung empfängt und als Bilddaten zwischenspeichert, eine Datenverarbeitungseinrichtung zur programmgesteuerten Verarbeitung der zwischengespeicherten Bilddaten, und eine Einrichtung zur Umwandlung verarbeiteter Bilddaten in Audiodaten für die Wiedergabe der auf den Lichttonspuren aufgezeichneten Toninformation.

[0009] Die Erfindung weist den Vorteil auf, dass das durch Abtasten der Lichttonspuren erzeugte Signal nicht mehr - wie bisher üblich — als analoges Tonsignal bearbeitet wird, sondern als Bildsignal. Die Datenwerte eines Abbildes der abgetasteten Lichttonspuren werden zunächst zwischengespeichert und in einem Bildbearbeitungsprozess programmgesteuert aufbereitet, bevor die Bilddatenwerte in Audiodatenwerte umgewandelt werden und dann ein Tonsignal zur Wiedergabe der Lichttoninformation erzeugt wird.

[0010] Bei einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Film von einer Filmtransporteinrichtung in Längsrichtung transportierbar und im Bereich der Lichttonspuren von einem Bildsensor, insbesondere einem CCD-Zeilensensor, quer zur Längsrichtung des Films abtastbar ist. In einem Filmabtaster, der bereits für kontinuierlichen Filmtransport und zur zeilenweisen Abtastung von Filmbilder eingerichtet ist, lässt sich eine getrennt zur Bildabtastung betriebene CCD-Zeilenkamera für die Abtastung der Lichttonspuren sehr einfach in der Lage, Drehung und Fokussierung einstellen. Ein vorhandenes Beleuchtungssystem für die Bildabtastung lässt sich vorteilhaft auch für die CCD-Zeilenkamera der Lichttonspuren einsetzen.

[0011] Bei einer anderen Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Datenverarbeitungseinrichtung durch ein Programm so steuerbar ist, dass die Abtastrate der opto/elektronischen Wandlereinrichtung mit der von der Filmtransporteinrichtung bestimmten Filmtransportge-

schwindigkeit zeitlich verkoppelbar ist. Durch die zeitliche Verkopplung bleibt bei unterschiedlichen Filmtransportgeschwindigkeiten nicht nur die Zahl der Zeilen pro Filmbild gleich, sondern auch die Datenmenge pro Filmbild.

[0012] Außerdem lassen sich durch diese Maßnahme unterschiedliche Filmgeschwindigkeiten wählen. So können zur Anpassung an die maximale Datenrate der opto/elektronischen Wandlereinrichtung neben der Abtastung in Echtzeit mit 24 Bildern pro Sekunde auch Geschwindigkeiten von 12 und 6 Bildern pro Sekunde eingestellt werden. Derart geringe Datenraten können gewünscht sein, wenn man langsame und damit preiswerte opto/elektronischen Wandlereinrichtungen einsetzen möchte.

Verkoppelt man darüber hinaus die Abtastrate für das Tonsignal mit der Zeilenfrequenz der opto/elektronischen Wandlereinrichtung, so erhält man weitere Vorteile. Bei einer Abtastung von beispielsweise 2000 Zeilen pro Filmbild können als Bildrahmen für die Lichttonspuren 2000 Zeilen mit jeweils 512 Pixeln festgelegt werden. Mit einer Film von 6 Bildern pro Sekunde kommt man auf eine Zeilenfrequenz von 12 kHz. Durch eine spätere Umwandlung der Bilddaten in Audiodaten erreicht man für 24 Bilder pro Sekunde eine Zeilenfolge von 48 kHz, d.h. eine Zeile entspricht einem Audioabtastwert nach dem AES/EBU-Standard. Bei dieser Festlegung können vorteilhaft aufwendige Interpolationsfilter zur Umsetzung auf Abtastfrequenzen nach dem AES/EBU-Standard entfallen.

[0013] Verkoppelt man ferner die Taktfrequenz für den Filmtransportservo eines Filmabtasters mit der Zeilenfrequenz der opto/elektronischen Wandlereinrichtung, beispielsweise die Horizontalfrequenz einer CCD-Kamera, erzielt man ein driftfreie Verkopplung von Ton- und Bildinformation, so dass nach der programmgesteuerten Bearbeitung von Datenwerten der Lichttonspuren eine synchrongenaue Zusammenführung von Bild und Ton möglich ist.

[0014] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die durch Abtasten der Lichttonspuren erzeugten Bilddaten in einem RAW-Dateiformat in den Speicher schreibbar sind, dass die Bilddaten des RAW-Dateiformats programmgesteuert aus dem Speicher lesbar und über ein Bussystem einer CPU zuführbar sind, dass die CPU von empfangenen Bilddaten des RAW-Dateiformats durch programmgesteuerte Bildverarbeitung ein Datensignal in einem WAV-Dateiformat ableitet und dass von dem Datensignal des WAV-Dateiformats ein Audiosignal zur Wiedergabe der auf den Lichttonspuren aufgezeichneten Toninformationen erzeugbar ist.

[0015] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die CPU durch ein Programm so steuerbar, dass eine Fehleranalyse zur Detektion von Fehlstellen im Bereich der Lichttonspuren Anhand von abgeleiteten Bilddaten der Lichttonspuren durchführbar und detektierte Fehlstellen fehlerverdeckbar sind. Dabei werden die durch

Abtasten erzeugten Datenwerte der Lichttonspuren zunächst als Datenwerte von Bildinhalt behandelt. Die Datenwerte der als Bildinhalt betrachteten Lichttonspuren werden mit aus der Bildbearbeitung bekannten Mitteln untersucht, um Fehlstellen im Film zu ermitteln, die durch Kratzer und/oder Schmutz verursacht sein könnten. Ein Verfahren und eine Schaltungen zum Erkennen und Verdecken von Kratzern und/oder Schmutz auf Film ist beispielsweise aus der DE 44 32 787 A1 bekannt.

[0016] Komplexe Datenformate mit Header-Erzeugung führen zu einer geringen Transfer-Datenrate. Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist ein Programm zur Steuerung der programmgesteuerten Datenverarbeitungseinrichtung so gestaltet, dass die Bilddaten in einem RAW-Dateiformat zwischen gespeichert werden, bevor sie einer Filterung unterworfen werden. Das RAW-Dateiformat stellt eine einfache Anordnung der Pixel ohne Kompressionsverfahren dar und kann Dateien beliebiger Länge erzeugen. In dem RAW-Dateiformat benötigt man für ein „Tonbild“ mit 512 Pixel horizontal und 2000 Zeilen vertikal bei einer Quantisierung von 8 Bit eine Speicherkapazität von 1 MByte. Bei einer Filmtransportgeschwindigkeit von 24 Bilder pro Sekunde sind für die Dauer einer Sekunde 24 MByte an Daten zu erzeugen.

[0017] Die zur Abtastung der Lichttonspuren eingesetzten CCD-Sensoren sind produktionsbedingt unterschiedlich empfindlich. In dem Abtastsignal entsteht eine Störstruktur, die als Fixed Pattern Noise (FPN) bezeichnet wird. FPN kann auch durch eine ungleichmäßige Beleuchtung des Film entstehen.

[0018] Bei einer vorreihhaften Ausgestaltung der Erfindung ist ein Mittel zur Korrektur von Fixed-Pattern-Noise-Fehlern vorgesehen, bei welchem die ohne Abtastung von Film erzeugten Bilddaten einer bestimmte Anzahl von Zeilen zeilenweise in ein Feld geschrieben werden, dann spaltenweise aus dem Feld gelesen und einer multiplikativen Korrektur gemäß der Funktion $g_{\text{neu}}(x) = (g_{\text{FPN}} / g_{\text{FPN}}(x)) * g_{\text{alt}}(x)$ unterworfen werden.

[0019] Es wird eine eindimensionale horizontale FPN-Korrektur im Ortsbereich durchgeführt. Die Korrektur erfolgt durch Division und Skalierung der Lichttonspur-Bildpunkte mit zugehörigen Bildpunkten, die vor einer Lichttonspurabtastung programmgesteuert erzeugt wurden, indem bei offenem Filmbildfenster von Daten einer Vielzahl von Zeilen, beispielsweise 2048 Zeilen mit jeweils 512 Bildpunkten, durch arithmetische Mittlung die Grauwerte in Spaltenrichtung berechnet werden und als FPN-Bild zusammen mit der zugehörigen Bilddatei zwischengespeichert wird.

[0020] Störungen können auch auf schlechte Ausleuchtung bei der Filmaufnahme oder Kopierfehler zurückzuführen sein. Solche Störungen werden als Shading-Fehler bezeichnet. Shading-Fehler treten häufig am linken und rechten Rand der Lichttonspuren auf. Es kann dabei sein, dass Teile des Films unterschiedliche lokale Shading-Fehler aufweisen.

[0021] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist ein Mittel zur Korrektur von Shading-Fehlern vorgesehen ist, welches von Fixed-Pattern-Noise-korrigierten Bilddaten der Lichttonspuren eine Ausgleichskurve gemäß der Polynomfunktion

$$g(x) = \sum_{i=0}^{i=6} a_i x^i$$

erzeugt, welche die durch Abtastung der Lichttonspuren erzeugten Bilddaten multiplikativ beeinflusst. Vorteilhaft werden dabei Randbereiche der Lichttonspuren, die keine Toninformation enthalten, ausgeblendet.

[0022] Kopierfehler oder Streulicht können am Rand von Lichttonspuren in Sprossenschrift oft Fehler verursachen, die in der Filmperforation und/oder dem Filmbildstrich begründet sind. Diese Fehler sind durch Störfrequenzen von 24 Hz und deren Oberwellen gekennzeichnet. Im Gegensatz zu konventionellen Tonrestaurierungsverfahren, die steile Kerbfilter zur Ausfilterung der 24-Hz-Anteile einsetzen, entstehen bei der erfindungsgemäßen Lichttonspurbearbeitung der keine störenden Artefakte.

[0023] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die CPU durch ein Programm so steuerbar ist, dass Fehler in Bilddaten von Lichttonspuren, die in Sprossenschrift aufgezeichnet sind, nach einem Grauwerthistogramm detektierbar sind.

[0024] Die auf einem Film chemisch gespeicherte Bildinformationen werden in der Regel parallel von einer Time-Code-Information begleitet, um bestimmte Bilder auf dem Film zu lokalisieren. In einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass auch für die auf den Lichttonspuren befindlichen Toninformationen eine Time-Code-Information erzeugt wird. Dieses geschieht erfindungsgemäß mit einem Mittel zur Erzeugung eines Timecode-Signals, welches von RAW-Daten und/oder WAV-Daten und/oder Daten der Filmtransporteinrichtung des Filmabtasters ableitet.

[0025] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Position der opto/elektronischen Wandlereinrichtung zur zeilenweisen Abtastung der auf Film aufgezeichneten Lichttonspuren unabhängig von der Position einer opto/elektronischen Wandlereinrichtung zur Abtastung der auf dem Film aufgezeichneten Bildern einstellbar ist. Dadurch lässt sich die Position einer opto/elektronischen Wandlereinrichtung für die Lichttonspuren in bezug auf die Lage der auf Film aufgezeichneten Lichttonspuren sehr genau justieren. Zur Kontrolle der Einstellungen von Lichtquelle und Zeilensensor 11 ist es vorteilhaft, die Lichttonspur als Bild auf einem Bildmonitor wiederzugeben und/oder die durch Abtasten der Lichttonspuren erzeugten Tonsignale auf dem Sichtschirm eines Oszilloskops darzustellen und/oder die von den Lichttonspuren abgeleiteten Tonsignale abzu-

hören. Dem Oszilloskop wird vorteilhafterweise ein analoges Bildsignal des Zeilensensors 11 zugeführt. Auf dem Schirm des Oszilloskops können Einstellungen für den Lichtstrom, die Fokussierung, die horizontale Lage des CCD-Zeilensensors zur Lichttonspur oder auch die Spurneigung (Azimuth) bei symmetrischem Spurbild für eine Zeile geprüft werden.

[0026] Im Gegensatz zur bisher üblichen Lichttonabtastung erfolgt die Lichttonabtastung nach der vorliegenden Erfindung „transformatorlos“. Von den Lichttonspuren können Tonsignale abgeleitet werden, die Frequenzen im Bereich von 0 bis 70 Hz umfassen. Zur Einhaltung des Standards sind diese niederfrequenten Signalanteile durch Hochpassfilterung zu unterdrücken. Entsprechend sollte für Tonaufnahmen nach dem sogenannten Acadamy-Frequenzgang der Bereich oberhalb von 10 kHz durch Tiefpassfilterung unterdrückt werden. Eventuelle Spaltverluste des CCD-Zeilensensors lassen sich nach einer $\sin(x)/x$ -Funktion ausgleichen.

[0027] Die Auswirkungen von Filmschrammen und -Kratzern auf den Lichttonspuren eines Film lassen sich durch die Verwendung einer opto/elektronischen Wandlereinrichtung mit diffuser Beleuchtungseinrichtung verringern. Eine andere vorteilhafte Lösung besteht darin, eine opto/elektronische Wandlereinrichtung mit einer Vorrichtung zur Nassabtastung des Films zu verwenden.

[0028] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass Werte von fehlerhaften Bilddaten der abgetasteten Lichttonspuren durch Mittelwerte von örtlich und/oder zeitlich benachbarten fehlerfreien Bilddaten ersetzt werden. Zur Fehlerverdeckung von größeren Fehler-Clustern in Zeilenrichtung ist es vorteilhaft, dass die Werte mehrerer, in Zeilenrichtung aufeinanderfolgender fehlerhafter Bilddaten durch einen Mittelwert ersetzt werden, welcher dem mittleren Grauwert aufeinander folgender Zeilen entspricht.

[0029] Zur Verringerung von Rauschanteilen und Intermodulationsprodukten in Audiosignalen bei der Wiedergabe von Lichttonaufzeichnungen in Sprossenschrift wird nach einer Weiterbildung der Erfindung vorgeschlagen, dass der Rauschanteil von Filmkorn durch eine Fast-Fourier-Analyse der Bilddaten in Zeilenrichtung gemessen wird, und dass der gemessene Rauschanteil im Sinne einer Rauschreduzierung mit den Bilddaten in Spaltenrichtung multipliziert wird.

[0030] Zur Vereinfachung und Erhöhung der Wirksamkeit der Korrekturmaßnahmen ist es vorteilhaft, dass die Bilddaten der abgetasteten Lichttonspuren in folgender Reihenfolge einer Bildverarbeitung unterworfen werden:

- 55 a) Durchführung einer Fixed-Pattern-Noise-Korrektur,
- b) Durchführung einer globalen Vorfilterung, insbesondere einer planaren Tiefpassfilterung,
- c) Abtrennen von Bilddaten an Randbereichen der

- Lichttonspuren (3),
- d) Korrektur von Shading-Fehlern,
- e) Durchführung einer lokalen Fehlerbehandlung und
- f) Durchführung einer globalen Nachfilterung.

[0031] Die Erfindung wird nun anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher beschrieben und erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Abtasteinrichtung für Lichttonspuren und ein Blockschaltbild zur Verarbeitung von Bilddaten abgetasteter Lichttonspuren gemäß der Erfindung,
- Fig. 2 ein Stück Filmstreifen eines 35-mm-Kinofilms,
- Fig. 3 eine Lichttonspur in Sprossenschrift mit Kratzern in Filmlaufrichtung,
- Fig. 4 die Prinzipdarstellung einer Dateistruktur zur Berechnung von Fixed Pattern Noise und
- Fig. 5 die Darstellung des Grauwertverlaufs einer Abtastzeile.

[0032] Gleiche Teile sind in der Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0033] In der Fig. 1 bezeichnet 1 eine Beleuchtungsquelle. Das Licht der Beleuchtungsquelle 1 ist über eine Kondensoroptik 2' und 2" auf Lichttonspuren 3 eines Films 4 gerichtet.

[0034] Die Fig. 2 zeigt die Position der Lichttonspuren 3 auf dem Film 4. Bei einem 35-mm-Kinofilm haben die Lichttonspuren 3 eine Spurbreite von 2,5 mm; sie liegen auf einer Seite zwischen 22 mm breiten Filmbildfenstern 5 und einer ersten Perforationsspur 6'. Eine zweite Perforationsspur 6" verläuft auf der anderen Seite der Filmbildfenster 5. Die Perforationsspuren 6' und 6" dienen zum Filmtransport. Die Bildhöhe beträgt bei einem 35-mm-Kinofilm 16 mm; der Bildstand weist 19 mm auf. Der Raum zwischen den Filmbildfenstern 5 bezeichnet man als Bildstrich 7.

[0035] Zum Filmtransport greifen zwei Zahnrollen 8 und 9 in Perforationslöcher der seitlich des Films 4 verlaufenden Perforationsspuren 6' und 6". Die Zahnrollen 8 und 9 stehen in Wirkverbindung mit Motoren (nicht dargestellt), deren Drehzahl von einem Filmtransportservo 10 geregelt wird. Die Transportgeschwindigkeit eines 35-mm-Kinofilms beträgt 24 Bilder pro Sekunde (= 45,6 cm/s).

[0036] Auf der gegenüberliegenden Seite des Films 4 befindet sich eine Zeilenkamera 11 zum Empfang des durch die Lichttonspuren 3 modulierten Lichtes. Die Zeilenkamera 11 enthält einen CCD-Zeilensensor mit 512 Bildsensoren. Die Zeilenkamera 11 gibt ein RS-422-Datensignal in einer Wortbreite von 8 Bit pro Pixel ab. Das RS-422-Datensignal der Lichttonspuren 3 gelangt über einen Dateneingang 12 zu einer programmgesteuerten Datenverarbeitungseinrichtung 13.

[0037] Die Datenverarbeitungseinrichtung 13 ent-

hält einen Framegrabber 14, dessen Eingang mit dem Dateneingang 12 der Datenverarbeitungseinrichtung 13 verbunden ist. Ein Ausgang des Framegrabbers 14 ist an einem Bussystem 15 angeschlossen. An dem Bussystem 15 sind ferner angeschlossen: eine CPU 16, ein Speicher 17 zur Programm- und Datenspeicherung, ein Interface 18 mit einer Klemme 19 zur Übertragung von Servodaten von und zu dem Filmtransportservo 10, eine Videoausgabeeinrichtung 20 mit einer Ausgangsklemme 21 zur Übertragung eines Videosignals zu einem Monitor 22 und eine Audioausgabeeinrichtung 23 mit einer Ausgangsklemme 24 zur Übertragung eines Audiosignals zu einem Lautsprecher 25.

[0038] Der Framegrabber 14 bereitet die von der Zeilenkamera 11 erzeugte serielle Bilddatenfolge der Lichttonspuren 3 auf, speichert sie zwischen und leitet sie in einer Auflösung von 8 Bit über das Bussystem 15 zu einem Speicher 17 weiter, in welchem die Bilddaten in einem RAW-Dateiformat gespeichert werden. Der Framegrabber 14 weist einen Ausgang (gestrichelt gezeichnet) zur Synchronisierung der Zeilenkamera 11 auf. Zur Begrenzung der Datenübertragungsrate kann die Abtastfrequenz von 24 Bildern pro Sekunde auf 6 Bilder reduziert werden. Tastet man die Lichttonspuren 3 mit 2000 Zeilen pro Filmbild ab, erhält man mit einer auf 6 Bilder reduzierten Filmtransportgeschwindigkeit eine Nyquistfrequenz von 24 kHz. In diesem Fall ist für eine Sekunde digitalisierten Filmtons eine Datenmenge von 24 MByte in dem Speicher 17 zu speichern.

[0039] Die vom Framegrabber 14 erzeugten Filmtontbilddaten werden aufgrund der großen Datenmenge vorzugsweise in einen Plattenspeicher des Speichers 17 geschrieben. Anwendungsprogramme zur Bearbeitung der Daten der Lichttonspuren sowie zur Regelung des Filmtransports werden in RAM- und ROM-Speichern des Speichers 17 gespeichert.

[0040] Um während der Lichttonspurabtastung die Einstellung der Lichtquelle 1 und der Zeilenkamera 11 sowie die Toninformation durch Bilddarstellung zu kontrollieren, ist die Videoausgabeeinrichtung 20 vorgesehen, welche die digitalen Bilddaten der Zeilenkamera 11 in ein analoges Videosignal zur Darstellung auf dem Monitor 22 umwandelt.

[0041] Zur Bildkontrolle der Lichttonspuren kann ein analoges Videosignal auch direkt vom Ausgang der Zeilenkamera 11 abgegriffen und dem Monitor 22 zugeleitet werden. Selbstverständlich ist es auch möglich, das analoge Videosignal dem Eingang eines Oszilloskops (nicht dargestellt) zuzuführen, um Einstellungen des Lichtstroms für maximale Signalpegel je nach Filmdichte oder die Fokussierung und Lage der Zeilenkamera 11 zu den Lichttonspuren 3 zu prüfen.

[0042] Die Audioausgabeeinrichtung 23 ist zur Abhörkontrolle vorgesehen. In der Audioausgabeeinrichtung 23 erfolgt eine Zeittransformation der abgetasteten Daten. Die Daten werden in eine Audiodatei, z.B. eine WAV-Datei umgewandelt. Bei verlangsamter Abtastung ist eine Transformation durch Zeitkompression

durchzuführen, damit die Audioinformation in Echtzeitlänge über den Lautsprecher 25 wiedergegebenen werden kann. Bei der Zeitkompression entstehen periodische Lücken in der Wiedergabe. Der Vorteil ist, dass bei verlangsamter Abtastung eine echte 'Hinterbandkontrolle' der auf den Lichttonspuren aufgezeichneten Toninformationen möglich ist. Selbstverständlich ist es auch möglich, anstelle analoger Audiosignale digitale Audiosignal für eine Wiedergabe der Toninformationen der abgetasteten Lichttonspuren wiederzugeben. In diesem Fall entfällt in der Audioausgabevorrichtung 23 eine D/A-Wandlung der verarbeiteten Bilddaten der Lichttonspuren.

[0043] Zur Verkopplung der Zeilenfrequenz der Zeilenkamera 11 mit der Transportgeschwindigkeit des Films 4 wird der Filmtransportservo 10 zur Steuerung der Motoren für die Zahnrollen 8 und 9 durch Daten geregelt, welche die Datenverarbeitungseinrichtung 13 programmgesteuert anhand der Datenrate der von der Zeilenkamera 11 eintreffenden Daten erzeugt. Das Interface 18 ist für eine bidirektionale Übertragung von Daten zwischen dem Filmtransportservo 10 und Bussystem 15 ausgelegt, so dass ein Austausch von Soll- und Ist-Datenwerten der Drehzahlen der Zahnrollen 8 und 9 möglich ist.

[0044] Die Fig. 3 zeigt den Bildausschnitt einer Lichttonspur in Sprossenschrift, die sehr zerkratzt und verschmutzt ist. Die quer zur Längsrichtung des Film aufgezeichnete Sprossenschrift entsteht durch Modulation der Belichtungsintensität bei der Aufzeichnung. Das Streifenmuster mit verschiedenen Transparenzen verläuft proportional zur Toninformation. Durch wiederholtes Kopieren des Films auf neue Filmträger kommt es bei ungenauer Positionierung des Films und/oder der optischen Kopiereinrichtung zu einem Shading der homogenen Grauwerte. Ferner verursachen Staubpartikel auf dem Filmmaterial oder Filmpositiv beim Kopieren dunkle oder hellen Flecken auf den Lichttonspuren 3. Außerdem kann es beim wiederholten Abspielen des Films zu mechanischen Beschädigungen in Filmlaufrichtung kommen; Filme können auch reißen. Die Tonspuren von geklebten Filmen werden durch sogenannte Tonfliegen in Form eines Dreiecks überdeckt, so dass Tonstörungen entstehen. Während eines Kopievorgangs kann einfallendes Licht an Stellen der Perforation oder des Filmbildes periodische Helligkeitsschwankungen erzeugen, die sich in einem 24-Hz- bzw. 96-Hz-Brumm in der wiedergegebenen Lichttoninformation äußern.

[0045] Für eine Filmtonrestaurierung hat es sich als vorteilhaft erwiesen, zunächst von den Bilddaten der Lichttonspuren 3, welche im Speicher 17 als RAW-Signal zwischengespeichert sind, eine Fixed-Pattern-Noise-(FPN)-Korrektur durchzuführen, um zum einen die unterschiedliche Sensitivität der Pixel der Zeilenkamera 11 auszugleichen und zum anderen die Genauigkeit zu erhöhen und das Rauschen zu verringern. Dazu wird ohne eingelegtem Film von Bilddaten des von der

Zeilenkamera 11 abgegebenen Signals eine FPN-Datei angelegt.

[0046] In der Fig. 4 ist die Struktur einer solchen FPN-Datei dargestellt. Die FPN-Datei ist feldförmig angelegt; sie enthält in der dargestellten Ausführung 2048 Zeilen mit jeweils 512 Spalten. In einem solchen Datenfeld werden 8 Bit breite Bilddaten der Lichttonspuren 3 gespeichert. Für jede der 512 Spalten wird über 2048 Zeilen der arithmetische Mittelwert in Filmlaufrichtung 26 ermittelt. Die Datenworte der Mittelwerte werden anschließend in einer Breite von 16 Bit gespeichert. Die untere Zeile der FPN-Datei enthält somit pro Spalte den für die CCD-Pixel auf dem Sensor der Zeilenkamera 11 gültigen Datenwert für den Farnton Weiß.

[0047] Die FPN-Korrektur wird anschließend bei eingelegtem Film so durchgeführt, dass die durch die Lichttonspurabtastung erzeugten Grauwerte der Bilddaten, die unterhalb des ermittelten Mittelwertes liegen, im Sinne einer Korrektur in der Helligkeit angehoben werden, bzw. solche Grauwerte, die oberhalb des Mittelwertes liegen, in der Helligkeit abgesenkt werden. Die FPN-Korrektur wirkt multiplikativ; es kommt eine multiplikativen Mittelung gemäß der Funktion $g_{\text{neu}}(x) = (g_{\text{FPN}} / g_{\text{FPN}}(x)) * g_{\text{alt}}(x)$ zur Anwendung.

[0048] Die einzelnen Mittelwerte werden programmgesteuert von der CPU 16 berechnet. Ein entsprechendes Datenverarbeitungsprogramm zur Steuerung der CPU 16 ist in dem Speicher 17 gespeichert.

[0049] Im Anschluss an die FPN-Korrektur wird eine Korrektur von Shading-Fehlern durchgeführt. Shading-Fehler entstehen durch schlechte Ausleuchtung bei der Aufnahme sowohl am linken als auch am rechten Rand von Lichttonspuren 3. Das Shading wird vorteilhaft repräsentativ für den gesamten Film ermittelt. Versuche haben ergeben, dass es ausreichend ist, einen Film in drei Bereiche zu unterteilen. Es wird das Shading eines Films jeweils über ein Lichttonspursegment von 20.000 Zeilen am Filmanfang, in Filmmitte und am Filmende festgestellt.

[0050] Vor der Ermittlung des Shading-Fehlers sind Randbereiche der Lichttonspuren, die keine Toninformation enthalten, auszublenden, da fehlerhafte Randbereiche der Lichttonspuren das Ergebnis verfälschen können. Ferner sind Störungen auszublenden, die in Filmlaufrichtung auftreten. Bei der Ermittlung des Shading-Fehlers ist der mittlere Grauwert einer Zeile zu bestimmen. Erfundungsgemäß wird das Shading-Profil durch ein Polynom 3. Grades angenähert. Eine Ausgleichskurve zur Korrektur der Shading-Fehler genügt der allgemeinen Funktion $f(x) = y = a * x^3 + b * x^2 + c * x + d$ bzw. der zur Programmierung geeigneteren Polynomfunktion

$$g(x) = \sum_{i=0}^{i=6} a_i x^i$$

[0051] Durch die Mittelung des Shadings über viele Zeilen und die Modellierung des Shadings mit einem Polynom niedrigen Grades werden lokale Bildfehler in den Lichttonspuren nicht nachgebildet. Außerdem lässt sich mit einem Polynom niedrigen Grades der Rechenaufwand begrenzen. Die Korrektur der Shading-Fehlern geschieht durch zeilenweises Multiplizieren von Werten der Bilddaten der Lichttonspuren mit Werten der ermittelten Ausgleichskurve. Mit der Korrektur des Film-Shadings rekonstruiert man eine weitgehend homogene Grauwertverteilung innerhalb der Zeile.

[0052] Nach der FPN- und Shading-Korrektur bestimmt man anhand eines Grauerthistogramms einen Schwellwert. Pixel der Lichttonspuren 3, deren Datenwerte unterhalb des bestimmten Schwellwertes liegen, werden als fehlerhaft definiert.

[0053] In der Fig. 5 ist ein Grauerthistogramm nach erfolgter FPN- und Shading-Korrektur dargestellt. Das Histogramm zeigt die Grauwertverteilung einer Zeile, wobei auf der Ordinate die Häufigkeit und auf der Abszisse der Grauwert der Pixel aufgetragen ist. Von einem solchen zeilenweisen Grauerthistogramm ausgehend wird der Grauwert mit der größten Häufigkeit ermittelt. Dazu werden zwei Nullstellen 27 und 28 gesucht, die einen Grauwertverlauf 29, d.h. einen Grauwertberg, links und rechts eingrenzen. Die gefundenen Nullstellen 27 und 28 werden nachfolgend um einen wählbaren Betrag, z.B. 5 %, in Richtung des Grauwertes mit der maximalen Häufigkeit verschoben. Die so erhaltenen Nullstellen 30 und 31 bilden zwei Schwellwertgrenzen. Pixel mit einem Grauwert zwischen diesen beiden Schwellwertgrenzen können als fehlerfreie Pixel innerhalb einer Abtastzeile von Lichttonspuren 3 angesehen werden.

[0054] Die Grauwerte von erkannten fehlerhaften Pixeln werden durch den Mittelwert der für richtig erkannten Grauwerte ersetzt. Wird in einer Abtastzeile der Lichttonspuren 3 kein fehlerfreies Pixel erkannt, wird die gesamte Abtastzeile durch die vorhergehende Abtastzeile ersetzt. Ist die Differenz zwischen den mittleren Grauwerten zweier Abtastzeilen größer als ein bestimmter vorgegebener Wert, dann werden diese zwei Abtastzeilen pixelweise in Filmlaufrichtung gemittelt. Die berechneten Mittelwerte ersetzen die Werte der Datenworte der zuletzt abgetasteten Zeile.

[0055] Die restaurierten Bilddaten der Lichttonspuren (3) werden schließlich vom RAW-Dateiformat in ein WAV-Dateiformat konvertiert und in diesem Datenformat der Audioausgabeeinrichtung 23 (Fig. 1) zugeführt. Die Audioausgabeeinrichtung 23 wandelt die Daten der WAV-Datei in analoge Audioinformationen um und gibt sie als analoge Audiosignale zur Wiedergabe durch einen Lautsprecher 25 an der Ausgangsklemme 24 aus. Sollen die verarbeiteten Bilddaten als Audiodaten in nachfolgenden Geräten digital weiterverarbeitet werden, genügt eine Umwandlung der Bilddaten in entsprechende Audiodaten. In diesem Fall kann in der Audioausgabeeinrichtung 23 eine D/A-Wandlung entfall-

en und das digitale Audiosignal in einem WAV-Dateiformat direkt ausgegeben werden.

[0056] Damit die restaurierten Lichttoninformationen lippensynchron zu den Filmbildern wiedergegeben werden können, wird von Daten der WAV-Datei ein Timecodesignal abgeleitet. Wie eingangs dargelegt, werden in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die Lichttonspuren (3) mit jeweils 2048 Zeilen à 512 Pixel pro Filmbild abgetastet. Bei einer Filmtransportgeschwindigkeit von 6 Bildern pro Sekunde kommt man auf eine Taktrate von 48000 Audioabtastwerten pro Sekunde. Ausgehend von dieser Audiowort-Taktrate lässt sich ein AES/EBU-Timecodesignal erzeugen, dass zur Synchronisierung paralleler Bildinformation herangezogen werden kann.

[0057] Die durch langsame Abtastung erzeugten, nachfolgend mit verschiedenen digitalen Filtern bearbeiteten Bilddaten der Lichttonspuren (3) und schließlich in analoge Audioinformationen umgewandelten Audiosignale, können zusammen mit dem abgeleiteten AES/EBU-Timecodesignal auf einem DAT-Recorder aufgezeichnet und später in Echtzeit synchron zum Timecode der parallelen Filmbilder wiedergegeben werden.

[0058] Die erfindungsgemäße Vorrichtung besteht aus handelsüblichen Komponenten. Als Zeilenkamera 11 kann eine CCD-Kamera der Firma DALSA mit der Typenbezeichnung CL-C3 512 A eingesetzt werden, die ein digitales Videosignal über eine RS-422-Schnittstelle abgibt.

[0059] Die Datenverarbeitungseinrichtung 13 kann ein Pentium-PC mit MMX-Prozessor sein, welcher mit einer Frame-Grabber-Karte IC-PCI der Firma Imaging Technology bestückt ist, auf der ein Acquisition Modul 35 AM-DIG für die Verarbeitung digitaler Kameresignale installiert ist. Für die audio-visuelle Kontrolle der Lichttonspuren 3 kann in dem Pentium-PC eine Grafikkarte „ATI Mach 64VT2“ und eine Soundkarte „Terratec Soundsystem Base 1“ vorgesehen sein. Zur Speicherung der Bilddaten der Lichttonspuren 3 kann eine schnelle 4 GByte große Festplatte eingesetzt werden. Die Steuerung des Pentium-PC's kann ein Betriebssystem von Microsoft übernehmen; die Umwandlung der restaurierten Bilddaten der WAV-Datei in analoge Audiosignale kann mit dem Programm WaveLab 2.0 erfolgen. Die Anwendungsprogramme zur Korrektur der FPN- und Shading-Fehler sowie zur Ermittlung von Schwellwertpegeln nach Maßgabe der zuvor beschriebenen Algorithmen sind in der Programmiersprache C++ geschrieben.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Wiedergabe von Lichttonaufzeichnungen für einen Filmabtaster mit einer opto/elektronischen Wandtereinrichtung (1, 2', 2'', 11) zur Abtastung von auf Film (4) aufgezeichneten Lichttonspuren (3), welche an einem Ausgang (12) ein

**Bildsignals ausgibt,
gekennzeichnet durch**

eine Einrichtung (14) zur Signalaufbereitung welche an einem Eingang das Bildsignal vom Ausgang (12) der opto/elektronische Wandlereinrichtung (1, 2', 2'', 11) empfängt und als Bilddaten zwischenspeichert, 5
eine Datenverarbeitungseinrichtung (16, 17) zur programmgesteuerten Verarbeitung der zwischengespeicherten Bilddaten, und 10
eine Einrichtung (23) zur Umwandlung verarbeiteter Bilddaten in Audiodaten für die Wiedergabe der auf den Lichttonspuren (3) aufgezeichneten Toninformationen. 15

**2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,**

dass der Film (4) von einer Filmtransporteinrichtung (8 bis 10) in Längsrichtung transportierbar und im Bereich der Lichttonspuren (3) von einem Bildsensor (11), insbesondere einem CCD-Zeilensensor, quer zur Längsrichtung des Films (4) abtastbar ist. 20
25

**3. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,**

dass die Datenverarbeitungseinrichtung (13) durch ein Programm so steuerbar ist, dass die Abtastrate der opto/elektronischen Wandlereinrichtung (1, 2', 2'', 11) mit der von der Filmtransporteinrichtung (8 bis 10) bestimmten Filmtransportgeschwindigkeit zeitlich verkoppelt ist. 30
35

**4. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,**

dass die durch Abtasten der Lichttonspuren (3) erzeugten Bilddaten in einem RAW-Dateiformat in den Speicher (17) schreibbar sind, 40
dass die Bilddaten des RAW-Dateiformats programmgesteuert aus dem Speicher (17) lesbar und über ein Bussystem (15) einer CPU (16) zuführbar sind, 45
dass die CPU (16) von empfangenen Bilddaten des RAW-Dateiformats durch programmgesteuerte Bildverarbeitung ein Datensignal in einem WAV-Dateiformat ableitet und
dass von dem Datensignal des WAV-Dateiformats ein Audiosignal zur Wiedergabe der auf den Lichttonspuren (3) aufgezeichneten Toninformationen erzeugbar ist. 50
55

**5. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,**

dass die CPU (16) durch ein Programm so steuerbar ist, dass eine Fehleranalyse zur Detektion von Fehlstellen im Bereich der Lichttonspuren (3) anhand von abgeleiteten Bilddaten der Lichttonspuren (3) durchführbar ist und dass detektierte Fehlstellen fehlerverdeckbar sind. 60

**6. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,**

dass ein Programm zur Steuerung der CPU (16) so gestaltet ist, dass die Bilddaten in einem RAW-Dateiformat einer Filterung unterworfen werden. 65

**7. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,**

dass ein Mittel zur Korrektur von Fixed-Pattern-Noise-Fehlern vorgesehen ist, bei welchem die ohne Abtastung von Film (4) erzeugten Bilddaten einer bestimmte Anzahl von Zeilen zeilenweise in ein Feld geschrieben werden, dann spaltenweise aus dem Feld gelesen und einer multiplikativen Korrektur gemäß der Funktion 70

$$g_{\text{neu}}(x) = (g_{\text{FPN}} / g_{\text{FPN}}(x)) * g_{\text{alt}}(x)$$

unterworfen werden. 75

**8. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,**

dass ein Mittel zur Korrektur von Shading-Fehlern vorgesehen ist, welches von Fixed-Pattern-Noise-korrigierten Bilddaten der Lichttonspuren (3) eine Ausgleichskurve gemäß der Polynomfunktion 80

$$g(x) = \sum_{i=0}^{i=6} a_i x^i$$

erzeugt, welche die durch Abtastung der Lichttonspuren (3) erzeugten Bilddaten multiplikativ beeinflusst. 85

**9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,**

dass das Mittel zur Korrektur von Shading-Fehlern ein Mittel zur seitlichen Begrenzung des Abtastbereichs der Lichttonspuren (3) aufweist. 90

10. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die CPU (16) durch ein Programm so steuerbar ist, dass Fehler in Bilddaten von Lichttonspuren (3), die in einer Sprossenschrift aufgezeichnet sind, nach einem Grauerthistogramm detektierbar sind.

5

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

dass ein Mittel zur Erzeugung eines Timecode-Signals vorgesehen ist, welches von RAW-Daten und/oder WAV-Daten und/oder Daten der Filmtransporteinrichtung des Filmabtasters ableitet.

10

12. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Position der opto/elektronische Wandlereinrichtung (1, 2', 2'', 11) zur Abtastung der Lichttonspuren (3) unabhängig von der Position einer opto/elektronische Wandlereinrichtung (1, 2', 2'', 11) zur Abtastung von Filmbildfenstern einstellbar ist.

15

13. Vorrichtung nach Anspruch 1 und 2,
dadurch gekennzeichnet,

dass zur Positionierung und/oder Fokussierung des Bildsensors (11) ein vom Bildsensor (11) erzeugtes Bildsignal einer Bildwiedergabevorrichtung (22) zugeführt ist.

20

14. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

dass die opto/elektronische Wandlereinrichtung (1, 2', 2'', 11) eine Vorrichtung zur diffusen Beleuchtung des Films (4) aufweist.

25

15. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

dass die opto/elektronische Wandlereinrichtung (1, 2', 2'', 11) eine Vorrichtung zur Nassabtastung des Films (4) aufweist.

30

16. Verfahren zur Wiedergabe von Lichttonaufzeichnungen, bei welchem auf einem Film (4) optisch aufgezeichnete Lichttonspuren (3) in ein elektrisches Signal umwandelt werden,
dadurch gekennzeichnet,

dass von dem elektrischen Signal Bilddaten abgeleitet werden,

35

17. Verfahren nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Bilddaten der abgetasteten durch Daten bestimmter Grauwerte interaktiv korrigiert und/oder ergänzt werden.

40

18. Verfahren nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet,

dass beim Vorliegen von Lichttonspuren (3) in Sprossenschrift ein Rauschanteil des Filmkorns durch eine Fast-Fourier-Analyse der Bilddaten in Zeilenrichtung gemessen wird, und

dass der gemessene Rauschanteil im Sinne einer Rauschreduzierung mit den Bilddaten in Spaltenrichtung multipliziert wird.

45

19. Verfahren nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Bilddaten der abgetasteten Lichttonspuren (3) in folgender Reihenfolge einer Bildverarbeitung unterworfen werden:

- g) Durchführung einer Fixed-Pattern-Noise-Korrektur,
- h) Durchführung einer globalen Vorfilterung, insbesondere einer planaren Tiefpassfilterung,
- i) Abtrennen von Bilddaten an Randbereichen der Lichttonspuren (3),
- j) Korrektur von Shading-Fehlern,
- k) Durchführung einer lokalen Fehlerbehandlung und
- l) Durchführung einer globalen Nachfilterung.

50

20. Verfahren nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet,

dass Werte von fehlerhaften Bilddaten der Lichttonspuren (3) durch Mittelwerte von örtlich und/oder zeitlich benachbarten fehlerfreien Bilddaten ersetzt werden.

55

21. Verfahren nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Werte mehrerer, in Zeilenrichtung aufeinanderfolgender fehlerhafter Bilddaten durch einen Mittelwert ersetzt werden, welcher dem mittleren Grauwert aufeinander folgender Zeilen entspricht.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

10

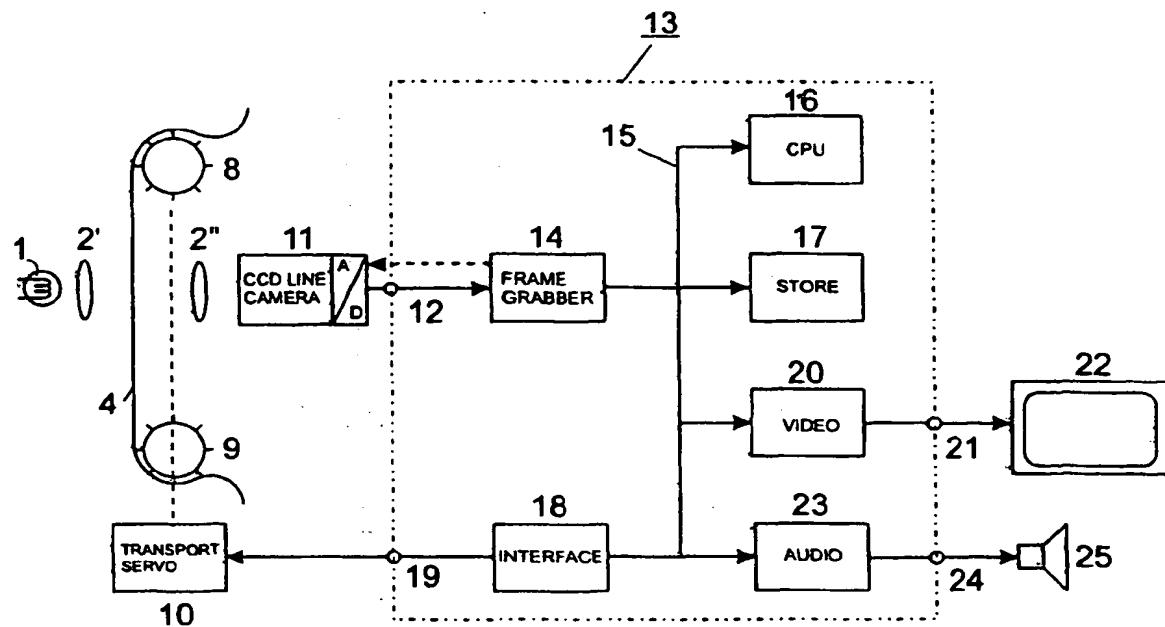


FIG. 1

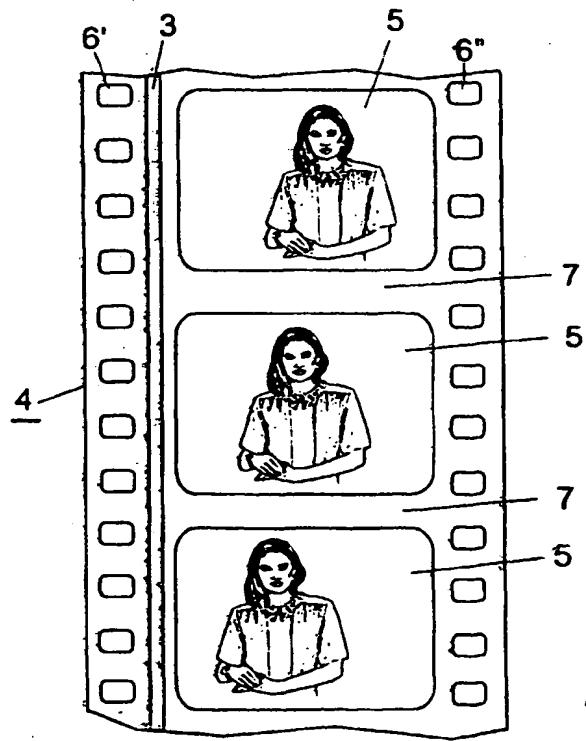


FIG. 2

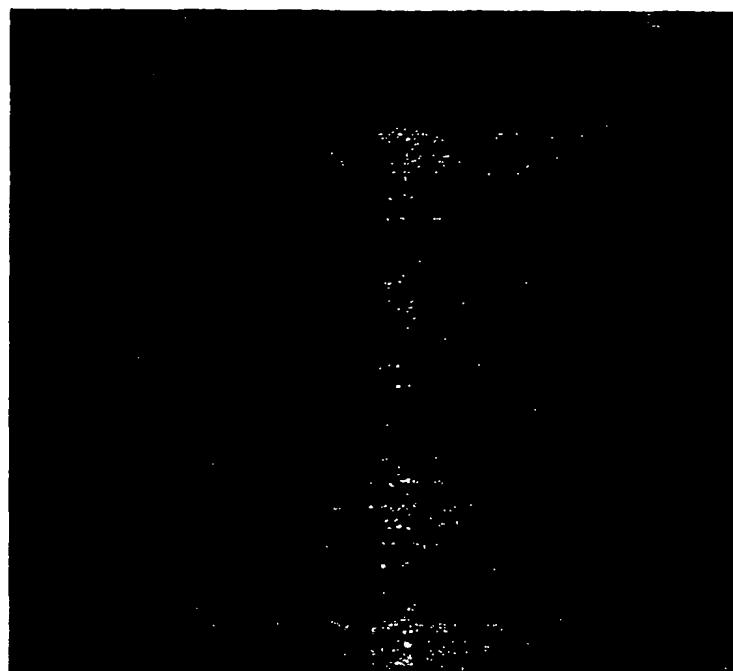


FIG.3

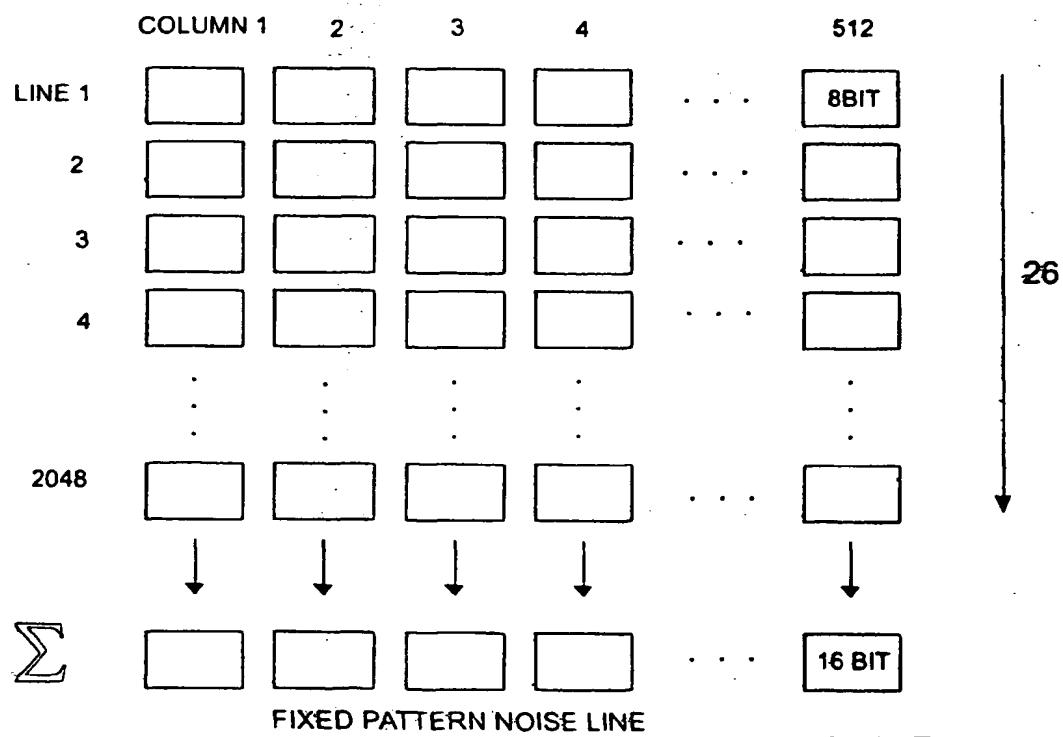


FIG. 4

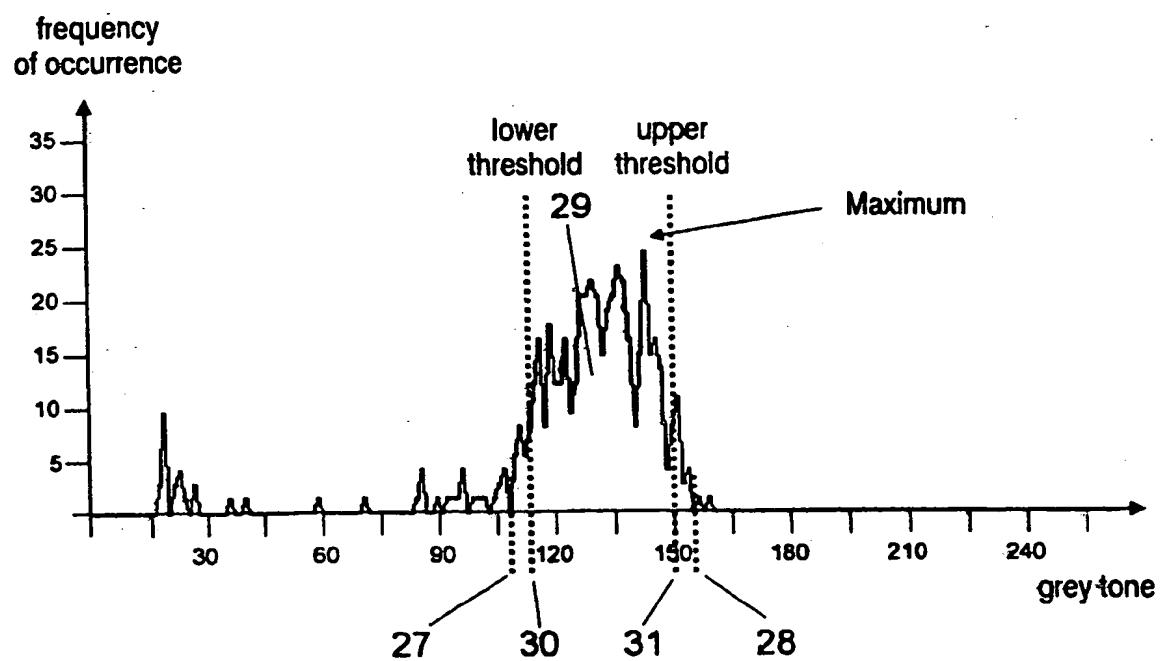


FIG. 5

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 091 573 A3

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(88) Veröffentlichungstag A3:
20.03.2002 Patentblatt 2002/12

(51) Int.Cl.⁷: H04N 5/253

(43) Veröffentlichungstag A2:
11.04.2001 Patentblatt 2001/15

(21) Anmeldenummer: 00203418.9

(22) Anmelddatum: 03.10.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE

Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 08.10.1999 DE 19948873

(71) Anmelder:

- Philips Corporate Intellectual Property GmbH
52064 Aachen (DE)

Benannte Vertragsstaaten:
DE

- Koninklijke Philips Electronics N.V.
5621 BA Eindhoven (NL)

Benannte Vertragsstaaten:
FR GB

(72) Erfinder:

- Poetsch, Dieter, Prof.
52064 Aachen (DE)
- Richter, Detlef, Prof. Dr.
52064 Aachen (DE)
- Kurreck, Ines-Henrike
52064 Aachen (DE)

(74) Vertreter: Volmer, Georg, Dipl.-Ing. et al
Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
Habsburgerallee 11
52064 Aachen (DE)

(54) Vorrichtung und Verfahren zur Wiedergabe von Lichttonaufzeichnungen

(57) Zur Wiedergabe von Lichttonaufzeichnungen tastet eine opto/elektronische Wandlereinrichtung (1, 2', 2'', 11) die Lichttonspuren (3) eines Films (4) ab. Die erzeugten Bilddaten der Lichttonspuren (3) sind einem Framegrabber (14) zur Zwischenspeicherung zugele-

tet. Eine Datenverarbeitungseinrichtung (13) verarbeitet programmgesteuert die zwischengespeicherten Bilddaten. Für eine Tonwiedergabe werden die verarbeiteten Bilddaten der Lichttonspuren (3) nachfolgend in digitale Audiodaten und/oder analoge Tonsignale umgewandelt.

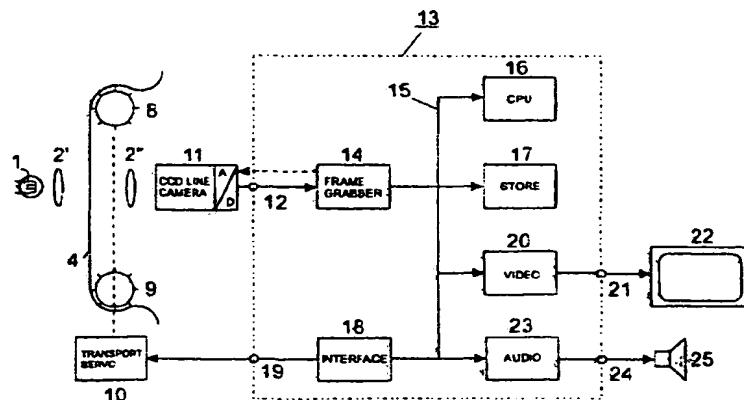


FIG. 1



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 00 20 3418

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
Y,D	DE 197 29 201 A (PHILIPS PATENTVERWALTUNG) 14. Januar 1999 (1999-01-14) * Spalte 2, Zeile 5 - Spalte 3, Zeile 28 * ---	1,2,14	H04N5/253
Y	WO 92 14239 A (DOLBY LAB LICENSING CORP) 20. August 1992 (1992-08-20)	1,2,14	
X	* Seite 11, Zeile 6 - Seite 18, Zeile 13 * * Seite 29, Zeile 4 - Seite 30, Zeile 6 * ---	16	
A	DE 28 41 727 B (ROBERT BOSCH GMBH) 13. Dezember 1979 (1979-12-13) ---		
A	US 5 499 114 A (COMPTON JOHN T) 12. März 1996 (1996-03-12) -----		
RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)			
H04N G11B G03B			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Rechercheort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	28. Januar 2002	Wentzel, J	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtchriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patendokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument B : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			
EPO FORM 1995/03/02 (PM/CTA)			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 00 20 3418

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Orientierung und erfolgen ohne Gewähr.

28-01-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19729201	A	14-01-1999	DE	19729201 A1		14-01-1999

WO 9214239	A	20-08-1992	AT	132648 T		15-01-1996
			AU	657744 B2		23-03-1995
			AU	1445992 A		07-09-1992
			AU	2191392 A		08-01-1993
			CA	2079673 A1		05-08-1992
			DE	69207380 D1		15-02-1996
			DE	69207380 T2		05-06-1996
			DK	570524 T3		05-02-1996
			EP	0570524 A1		24-11-1993
			EP	0546147 A1		16-06-1993
			ES	2081611 T3		01-03-1996
			JP	6506555 T		21-07-1994
			US	6211940 B1		03-04-2001
			WO	9214239 A1		20-08-1992
			WO	9222057 A1		10-12-1992
			US	5710752 A		20-01-1998
			US	5757465 A		26-05-1998
			US	5544140 A		06-08-1996
			US	5347509 A		13-09-1994
			JP	6503197 T		07-04-1994

DE 2841727	B	13-12-1979	DE	2841727 B1		13-12-1979
			FR	2437752 A1		25-04-1980
			GB	2034150 A ,B		29-05-1980
			JP	55044297 A		28-03-1980
			US	4240103 A		16-12-1980

US 5499114	A	12-03-1996	KEINE			

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

Ref AS

European Patent Office

(11) EP 1 091 573 A2

(12)

EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Publication Date: (51) Int. Cl.⁷: H04N 5/253
11 April 2001 Patentblatt 2001/15

(21) Application Number: 00203418.9

(22) Application Date: 3 October 2000

(84) Named Convention Countries:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE
Named Extension Countries:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priority: 8 October 1999 DE 19948873

(71) Applicant:
· Philips Corporate Intellectual Property
GmbH
52064 Aachen (DE)
Named Convention Countries:
DE
· Koninklijke Philips Electronics N.V.
5621 BA Eindhoven (NL)
Named Convention Countries:
FR GB

(72) Inventors:
· Poetsch, Dieter, Prof.
52064 Aachen (DE)
· Richter, Detlef, Prof. Dr.
52064 Aachen (DE)
· Kurreck, Ines-Henrike
52064 Aachen (DE)

(74) Representative:
Volmer, Georg, Dipl.-Ing. et al
Philips Corporate Intellectual Property
GmbH
Habsburgallee 11
52064 Aachen (DE)

(54) Apparatus and Method for the Reproduction of Optical Sound Recordings

(57) For the reproduction of optical sound recordings an opto/electronic converter device (1, 2', 2", 11) scans the optical sound tracks (3) of a film (4). The generated image data of the optical sound tracks (3) are conducted to a frame grabber (14) for intermediate storage. A data processing device (13) under program control processes the intermediately stored image data. The processed image data of the optical sound tracks (3) are subsequently converted into digital audio data and/or analog audio signals for audio reproduction.

FIG. 1

1

REF. 1 DOCKET Pu 630134
CORRES. COUNTRY: _____
COUNTRY: PCT _____

Specification

[0001] The invention relates to an apparatus for the reproduction of optical sound recordings for a film scanner with an opto/electronic converter unit for scanning the optical sound tracks recorded on film, which outputs a video signal at an output. The invention relates further to a method for the reproduction of optical sound recordings.

[0002] In the case of 35-mm movie films audio information is recorded on optical sound tracks which are located between image information and lateral perforation holes. For the reproduction of the sound information the film is transported at a rate of 24 frames per second. During the film transport a light beam is directed onto the optical sound tracks. The light beam is modulated by transparency differences on the optical sound tracks and directed onto a light-sensitive sensor. For the loudspeaker reproduction the analog audio signal output by the light-sensitive sensor is amplified.

[0003] Different optical sound tracks exist. In the so-called variable density recording the transparency of the optical sound track is proportional to the recorded modulation amplitude; in the so-called single-edged variable-area sound track it is the width of the clear area. For reducing distortions simple duplex variable-area and two-fold duplex variable-area tracks were introduced, which are adjacent to one another and which comprise the same modulation data. For stereophonic audio reproduction double two-sided optical sound tracks are employed.

[0004] Older and frequently used films often show two types of errors. For one, these involve dirt and dust on the surface of the film, for another scratches in the advance direction of the film, so-called sound scratches, which are caused by mechanical contact of the film guidance elements with the film surface. Optical sound tracks are especially sensitive to disturbances by dirt and scratches, whose number increases with the number of times the copy is projected. Distortions of hissing sounds of the language, a so-called Donner effect, can be generated through scattered light effects of the variable-area recording. Nonlinear distortions in the variable-density recording can be generated through a nonlinear characteristic film curve, which is present, for example when scanning sound negatives. Through the relatively large aperture of the slit diaphragm the frequency response is restricted to approximately 8 kHz.

[0005] For the restoration of old movie films, the image portion is today copied onto a new film base and the optical sound track is transferred as a monotrack onto magnetic film to prevent that through optical copying of the optical sound tracks the audio tracks, which are often scratched and partially

disturbed by dirt, are transferred onto the new film base.

Further through subsequent audio processing with electronic filters and manual working attempts are made to remove clicking and crackling noises from the original sound.

[0006] In DE 197 29 201 A1 a film scanner with a device for scanning optical sound tracks on a tape-shaped base has already been described, in which the audio information is scanned with an opto/electronic converter device perpendicularly to the direction of motion of the base. The opto/electronic converter device scans the audio information line-by-line in order to generate scanning values for digital two-dimensional filtering. The optical sound tracks can therein be scanned with a CCD line sensor or with a light spot directed transversely over the audio tracks for the control of a photosensor.

[0007] The present invention addresses the problem of providing an apparatus and a method for the reproduction of optical sound recordings according to the type described in the introduction, which permits the elimination of disturbances.

[0008] This problem is solved through a device for signal processing, which at one input receives the video signals from the output of the opto/electronic converter device and intermediately stores them as video data, a data processing device for the program-controlled processing of the intermediately stored image data, and a device for the conversion of the processed image data into audio data for the reproduction of the sound information recorded on the optical sound tracks.

[0009] The invention has the advantage that the signal generated by scanning the optical sound tracks is no longer processed as an analog audio signal, as was previously the case, but rather as a video signal. The data values of an image of the scanned optical sound tracks are first intermediately stored and processed under program control in an image processing process, before the image data values are converted into audio data values and subsequently a sound signal is generated for the reproduction of the optical sound information.

[0010] An embodiment of the invention provides that the film is transported by a film transporting device in the longitudinal direction and is scanned in the region of the optical sound tracks by an image sensor, in particular a CCD line sensor, transversely to the longitudinal direction of the film. In a film scanner, which is already equipped for continuous film transport and for line-by-line scanning of film images, a CCD line camera, operated separately of the image scanning for the scanning of the optical sound tracks, can readily be adjusted in terms of position, rotation and focusing. An available illumination system for the image scanning can advantageously also be employed for the CCD line camera of the optical sound tracks.

[0011] Another embodiment provides that the data processing device is controllable through a program, that the scanning rate of the opto-electronic converter device can be coupled in time with the film transport rate determined by the film transport device. Through the time coupling not only the

number of lines per film image remains identical at different film transport speeds but rather also the data quantity per film image.

[0012] Through this measure, in addition, differing film rates can be selected. Apart from the scanning in real time with 24 frames per second, for the adaptation to the maximum data rate of the opto/electronic converter device rates of 12 and 6 frames per second can also be set. Such low data rates may be desired if one wishes to employ slow, and thus cost-effective, opto/electronic converter devices. If, moreover, the scanning rate for the audio signal is coupled with the horizontal frequency of the opto/electronic converter device, further advantages are obtained. With scanning of, for example 2000 lines per frame, 2000 lines with 512 pixels each can be defined as the image frame for the optical sound tracks. With a film of 6 frames per second, a horizontal frequency of 12 kHz is achieved. Through later conversion of the image data into audio data, for 24 frames per second a line sequence of 48 kHz is attained, i.e. one line corresponds to an audio scanning value according to the AES/EBU standard. With this definition advantageously expensive interpolation filters for the conversion to scanning frequencies according to the AES/EBU standard can be omitted.

[0013] If, furthermore, the clock frequency for the film transport servo of a film scanner is coupled with the horizontal frequency of the opto/electronic converter device, for example the horizontal frequency of a CCD camera, a drift-free coupling of audio and video information is attained such that, after the program-controlled processing of data values of the optical sound tracks, the precise synchronous joining of image and sound is possible.

[0014] A further development of the invention provides that image data generated by scanning the optical sound tracks can be written in a RAW file format into the memory, that the image data of the RAW file format can be read under program control from the store and can be conducted via a bus system to a CPU, that the CPU derives from received image data of the RAW file format through program-controlled image processing a data signal in a WAV file format and that from the data signal of the WAV file format an audio signal can be generated for the reproduction of the audio information recorded on the optical sound tracks.

[0015] In a preferred embodiment the CPU is controllable by a program, that an error analysis for the detection of error sites in the region of the optical sound tracks can be carried out in conjunction with derived image data of the optical sound tracks and that errors detected at error sites can be concealed. The data values of the optical sound tracks generated by scanning are initially treated as data values of image content. The data values of the optical sound tracks viewed as image content are examined with means known from image processing in order to determine error sites in the film, which may be caused by scratches and/or dirt. A process and circuits for detecting and concealing scratches and/or dirt on film is known for example from DE 44 32 787 A1.

[0016] Complex data formats with header generation lead to a low transfer data rate. In an advantageous embodiment of the invention a program for controlling the program-controlled data processing device is formed such that the image data are intermediately stored in a RAW file format before they are subjected to filtering. The RAW file format presents itself as a simple configuration of the pixels without compression process and can generate files of any desired length. In the RAW file format an "audio image" with 512 pixels horizontally and 2000 lines vertically at a quantization of 8 bits requires a storage capacity of 1 Mbytes. At a film transport rate of 24 frames per second, for the duration of one second 24 Mbytes of data must be generated.

[0017] Due to production differences, the CCD sensors employed for scanning the optical sound tracks, have different sensitivities. In the scanned signal an interference structure is formed which is denoted as 'fixed pattern noise' (FPN). FPN can also be generated by irregular exposure of the film.

[0018] In an advantageous embodiment of the invention a means for the correction of fixed pattern noise errors is provided, in which the image data generated without scanning of film of a specific number of lines are written line-by-line into a field, subsequently are read column-by-column from the field and subjected to a multiplicative correction according to the function

$$g_{\text{new}}(x) = (j_{\text{FPN}} / g_{\text{FPN}}(x)) * g_{\text{old}}(x).$$

[0019] A one-dimensional horizontal FPN correction is carried out in the local domain. The correction takes place by division and scaling of the optical sound track pixels with associated pixels, which were generated under program control before optical sound track scanning, thereby that, with the film image window open, from data of a multiplicity of lines, for example 2048 lines with 512 pixels each, through arithmetic means formation the gray values are calculated in the vertical direction and are intermediately stored as FPN image together with the associated image file.

[0020] It is also possible to trace disturbances back to poor exposure during the film recording or to copying errors. Such errors are denoted as shading errors. Shading errors occur frequently on the left and right margin of the optical sound tracks. It may occur that portions of the film have different local shading errors.

[0021] According to an advantageous further development of the invention a means for correcting shading errors is provided, which generates from image data of the optical sound tracks, corrected for fixed pattern noise, a compensation curve according to the polynomial function

$$g(x) = \sum_{i=0}^{i=6} a_i x^i$$

which has a multiplicative effect on the image data generated by scanning the optical sound tracks. The

margin regions of the optical sound tracks, which do not contain audio information, are advantageously excluded.

[0022] Copying errors or scattered light can often cause errors on the margin of optical sound tracks in variable density recording, which lie in the film perforation and/or on the film frame bar. These errors are characterized by disturbance frequencies of 24 Hz and their upper harmonic waves. In contrast to conventional sound restoration processes, which employ steep notch filters for filtering out the 24 Hz components, in the optical sound track processing according to the invention no disturbance artefacts are generated.

[0023] An advantageous embodiment of the invention provides that the CPU is controllable by a program such that errors in image data of optical sound tracks, which are recorded in variable density recording, are detectable according to a half-tone histogram.

[0024] The image information stored chemically on a film, as a rule, is in parallel accompanied by time code information in order to localize specific frames on the film. An embodiment of the invention provides that for the sound information on the optical sound tracks time code information is also generated. This takes place according to the invention with means for generating a time code signal which derives from RAW data and/or WAV data and/or data of the film transport device of the film scanner.

[0025] According to a further embodiment of the invention, it is provided that the position of the opto/electronic converter device for the line-by-line scanning of the optical sound tracks recorded on film is settable independently of the position of an opto/electronic converter device for scanning the images recorded on the film. Thereby the position of an opto/electronic converter device for the optical sound tracks can be highly precisely adjusted with respect to the position of the optical sound tracks recorded on the film. To check the setting of light source and line sensor 11, it is advantageous to reproduce the optical sound tracks as an image on an image monitor and/or to represent the audio signals generated by scanning the optical sound tracks on the viewing screen of an oscilloscope and/or to monitor the audio signals derived from the optical sound tracks. To the oscilloscope is advantageously supplied an analog video signal of the line sensor 11. On the screen of the oscilloscope settings for the light current, the focusing or also the track slope (azimuth) are checked for one line in the case of symmetric track image.

[0026] In contrast to the previously customary optical sound scanning, the optical sound scanning according to the present invention takes place "free of transformer". From the optical sound tracks audio signals can be derived, which comprise frequencies in the range from 0 to 70 Hz. To maintain the standard, these low-frequency signal components are suppressed through highpass filtering. Correspondingly, for audio recording after to the so-called Academy frequency response the range above 10 kHz should be suppressed by lowpass filtering. Possible gap leakage of the CCD line sensor can be

compensated according to a $\sin(x)/x$ function.

[0027] The effects of film scratches and scrapes on the optical sound tracks of a film can be decreased by using an opto/electronic converter device with diffuse illumination device. Another advantageous solution comprises using an opto/electronic converter device with a means for wet-scanning of the film.

[0028] An advantageous further development of the invention provides that values of erroneous image data of the scanned optical sound tracks are replaced by mean values of locally and/or temporally adjacent error-free image data. For error concealment of relatively large error clusters in the horizontal direction it is advantageous that the values of several erroneous image data, which are sequential in the horizontal direction, are replaced by a mean value which corresponds to the average gray value of successive lines.

[0029] To decrease noise components and intermodulation products in audio signals during the reproduction of optical sound recordings in variable density recording, it is proposed according to a further development of the invention that the noise component of film grain is measured by a Fast Fourier analysis of the image data in the horizontal direction and that the measured noise component is multiplied within the scope of a noise reduction by the image data in the vertical direction.

[0030] For simplification and for increasing the effectiveness of the correction measures, it is advantageous if the image data of the scanned optical sound tracks are subjected to an image processing in the following sequence:

- a)carrying out a fixed pattern noise correction,
- b)carrying out a global prefiltering, in particular a planar lowpass filtering,
- c)separating image data at the margin regions of the optical sound tracks (3),
- d)correcting of shading errors,
- e)carrying out a local error treatment, and
- f)carrying out a global postfiltering.

[0031] In the following the invention will be explained in conjunction with embodiment examples represented in the drawing. Therein depict:

Fig. 1 a scanning device for optical sound tracks and a block circuit diagram for processing image data of scanned optical sound tracks according to the invention,

Fig. 2 a piece of film strip of a 35 mm movie film,

Fig. 3 an optical sound track in variable density recording with scratches in the direction of film advance,

Fig. 4 a basic representation of a file structure for calculating fixed pattern noise, and

Fig. 5 representation of the gray value course of a scanning line.

[0032] Identical structures are provided with identical reference symbols.

[0033] In Figure 1, 1 denotes an illumination source. The light of the illumination source 1 is directed via a condenser optics 2' and 2" onto optical sound tracks 3 of a film 4.

[0034] Figure 2 shows the position of the optical sound tracks 3 on film 4. In the case of a 35 mm movie film the optical sound tracks 3 have a track width of 2.5 mm; they are on one side between 22-mm wide film frame windows 5 and a first perforation track 6'. A second perforation track 6" extends on the other side of the film frame windows 5. The perforation tracks 6' and 6" serve for transporting the film. The frame height is 16 mm in a 35 mm movie film; the picture stand is 19 mm. The space between the film image windows 5 is denoted as frame bar 7.

[0035] For transporting the film two sprocket wheels 8 and 9 engage perforation holes of the perforation tracks 6' and 6" extending at the side of film 4. The sprocket wheels 8 and 9 are operationally connected to motors (not shown), whose number of rotation is regulated by a film transport servo 10. The transport rate of a 35-mm movie film is 24 frames per second (= 45.6 cm/s).

[0036] On the opposing side of film 4 is disposed a line camera 11 for receiving the light modulated by the optical sound tracks 3. The line camera 11 contains a CCD line sensor with 512 image sensors. The line camera 11 outputs an RS 422 data signal in a word width of 8 bits per pixel. Via a data input 12 the RS 422 data signal of the optical sound tracks 3 reaches a program-controlled data processing device 13.

[0037] The data processing device 13 includes a frame grabber 14 whose input is connected to the data input 12 of the data processing device 13. An output of the frame grabber 14 is connected to a bus system 15. To the bus system 15 are further connected: a CPU 16, a store 17 for program and data storage, an interface 18 with a terminal 19 for transmitting servo data from and to the film transport servo 10, a video output device 20 with an output terminal 21 for transmitting a video signal to a monitor 22 and an audio output device 23 with an output terminal 24 for transmitting an audio signal to a loudspeaker 25.

[0038] The frame grabber 14 processes the serial image data sequence of the optical sound tracks 3 generated by the line camera 11, stores them intermediately and conducts them in a resolution of 8 bits via the bus system 15 to a store 17, in which the image data are stored in a RAW file format. The frame grabber 14 comprises an output (shown in dashed lines) for synchronizing the line camera 11. For limiting the data transmission rate, the scanning frequency of 24 frames per second can be reduced to 6 frames. If the optical sound tracks 3 are scanned at 2000 lines per film frame, with a film transport rate

reduced to 6 frames a Nyquist frequency of 24 kHz is obtained. In this case for one second of digitized film sound, a data quantity of 24 Mbytes must be stored in store 17.

[0039] The film sound picture data generated by frame grabber 14 are preferably written into a plate store of store 17 due to the large data quantity. Application programs for processing the data of the optical sound tracks as well as for the regulation of the film transport are stored in RAM and ROM stores of store 17.

[0040] In order to check during the optical sound track scanning the settings of the light source 1 and of the line camera as well as the audio information through image representation, the video output device 20 is provided, which converts the digital image data of the line camera 11 into an analog video signal for representation on the monitor 22.

[0041] For the image check of the optical sound tracks an analog video signal can also be tapped directly from the output of the line camera 11 and be supplied to the monitor 22. It is understood that it is also possible to conduct the analog video signal to the input of an oscilloscope (not shown), in order to check the settings of the light current for maximal signal level depending on film density or focusing and position of the line camera 11 with respect to the optical sound tracks 3.

[0042] The audio output device 23 is provided for audio monitoring. In the audio output device 23 a time transformation takes place of the scanned data. The data are converted into an audio file, for example a WAV file. With slowed scanning a transformation through time compression must be carried out so that the audio information can be reproduced in real time length via the loudspeaker 25. In the time compression periodic gaps in the reproduction are generated. The advantage is that with slowed scanning a real "tape check" of the audio information recorded on the optical sound tracks is possible. It is understood that it is also possible, instead of analog audio signals, to reproduce digital audio signals for the reproduction of the sound information of the scanned optical sound tracks. In this case in the audio output system 23 a D/A conversion of the processed image data of the optical sound tracks is omitted.

[0043] For coupling the horizontal frequency of the line camera 11 with the transport rate of film 4, the film transport servo 10 for the control of the motors for the sprocket wheels 8 and 9 is regulated by data, which are generated by the data processing device 13 under the control of programs in conjunction with the data rate of the data arriving from the line camera 11. The interface 18 is laid out for a bidirectional transmission of data between the film transport servo 10 and the bus system 15 such that an exchange of nominal and instantaneous data values of the rotational number of the sprocket wheels 8 and 9 is possible.

[0044] The image segment of an optical sound track in variable density recording is shown in Figure 3, which is highly scratched and dirty. The variable density recording recorded transversely to the longitudinal direction of the film is generated through modulation of the exposure intensity during

recording. The strip pattern with different transparencies runs proportionally to the sound information. By repeated copying of the film onto new film bases a shading of the homogeneous gray values occurs with imprecise positioning of the film and/or of the optical copying device. Furthermore, dust particles on the film negative or film positive cause during the copying dark or light spots on the optical sound tracks 3. Moreover, during repeated playback of the film mechanical damage can occur in the direction of film advance. Films can also tear. The sound tracks of glued films are covered by so-called sound flies in the form of triangles such that audio disturbances are generated. During a copying process incident light at sites of the perforation or of the film frame can generate periodic brightness fluctuations, which are expressed in a 24 Hz or 96 Hz hum in the reproduced optical sound information.

[0045] For a film sound restoration it was found to be advantageous to carry out first from the image data of the optical sound tracks 3, which are intermediately stored in store 17 as RAW signal, a fixed pattern noise (FPN) correction in order to balance, for one, the different sensitivities of the pixels of the line camera 11 and, for another, to increase the accuracy and decrease the noise. For this purpose without a film loaded, an FPN file is set up from the image data of the signal output by the line camera 11.

[0046] In Figure 4 the structure of such an FPN file is depicted. The FPN file is laid out in the form of a field; it contains in the depicted embodiment 2048 lines with 512 columns each. In such a data field 8-bit wide image data of the optical sound tracks 3 are stored. For each of the 512 columns the arithmetic mean is formed over 2048 lines in the direction of film advance 26. The data words of the mean values are subsequently stored in a width of 16 bits. The lower line of the FPN file thus contains per column the data value for the color white valid for the CCD pixel on the sensor of the line camera 11.

[0047] The FPN correction is subsequently carried out with the film loaded, such that the gray values of the image data generated by the optical sound track scanning, which are below the determined mean value, are raised in brightness in the sense of a correction, or such gray values, which are above the mean value, are lowered in brightness. The FPN correction acts multiplicatively; a multiplicative average formation is applied according to the function

$$g_{\text{new}}(x) = (g_{\text{FPN}}/g_{\text{FPN}}(x)) * g_{\text{old}}(x).$$

[0048] The discrete mean values are calculated by the CPU 16 under program control. A corresponding data processing program for the control of the CPU 16 is stored in store 17.

[0049] Following the FPN correction, a correction of shading errors is carried out. Shading errors are generated by poor illumination during the recording at the left as well as also at the right margin of optical sound tracks 3. The shading is advantageously determined representatively for the entire film. Investigations have shown that it is sufficient to divide a film into three regions. The shading of a film is detected in each instance via an optical sound track segment of 20,000 lines at the beginning of the film, at the center and the end of the film.

[0050] Before the determination of the shading error, margin regions of the optical sound tracks which do not contain any sound information must be faded out, since erroneous margin regions of the optical sound tracks can falsify the result. Further, disturbances must be faded out, which occur in the direction of advance of the film. When determining the shading error, the mean gray value of one line is to be determined. According to the invention the shading profile is approximated by a polynomial of third order. A compensation curve for the correction of the shading errors fulfills the general function $f(x) = y = a^* x^3 + b^* x^2 + c^* x + d$ or of the polynomial function more suitable for programming

$$i=6 \\ g(x) = \sum_{i=0}^{i=6} a_i x^i$$

[0051] Through the averaging of the shading over many lines and the modeling of the shading with a polynomial of low order, local bit errors are not imaged in the optical sound tracks. In addition, with a polynomial of low order the calculating expenses can be limited. The correction of the shading errors occurs through line-by-line multiplication of values of the image data of the optical sound tracks by values of the determined compensation curve. With the correction of the film shading a largely homogeneous gray value distribution within the line is reconstructed.

[0052] After the FPN and the shading correction, a threshold value is determined in conjunction with a gray value histogram. Pixels of the optical sound tracks 3, whose data values are below the determined threshold value, are defined as being erroneous.

[0053] In Figure 5 is depicted a gray value histogram after the FPN and shading correction. The histogram shows the gray value distribution of a line, where on the ordinate the frequency and on the abscissa the gray value of the pixels is plotted. Building on such a line-by-line gray value histogram, the gray value with greatest frequency is determined. For this purpose two zero sites 27 and 28 are sought, which delimit a gray value course 29, i.e. a gray value mounting, at the left and the right. The located zero sites 27 and 28 are subsequently shifted by a selectable amount, for example 5%, in the direction toward the gray value with the maximal frequency. The zeros sites 30 and 31 obtained thus form two threshold value limits. Pixels with a gray value between these two threshold value limits can be considered to be error-free pixels within a scanning line of optical sound tracks 3.

[0054] The gray values of detected erroneous pixels are replaced by the mean value of the gray values detected to be correct. If in a scanning line of the optical sound tracks 3 no error-free pixel is detected, the entire scanning line is replaced by the preceding scanning line. If the difference between the average gray values of two scanning lines is greater than a certain predetermined value, these two scanning lines are averaged pixel-by-pixel in the direction of film advance. The calculated mean values replace the values of

the data words of the last scanned line.

[0055] The restored image data of the optical sound tracks 3 are lastly converted from the RAW file format into a WAV file format and in this data format supplied to the audio output device 23 (Fig. 1). The audio output device 23 converts the data of the WAV file into analog audio information and outputs them to the output terminal 24 as analog audio signals for the reproduction through a loudspeaker 25. If the processed image data are to be digitally processed further as audio data in succeeding apparatus, a conversion of the image data into corresponding audio data is sufficient. In this case, in the audio output device 23 a D/A conversion can be omitted and the digital audio signal can be output directly in a WAV file format.

[0056] In order for the restored optical sound information to be able to be reproduced such that it is synchronous with lip movements in the film frames, a time code signal is derived from data of the WAV file. As explained at the beginning, in the present embodiment example the optical sound tracks 3 are scanned with 2048 lines at 512 pixels per film frame. At a film transport rate of 6 frames per second, one arrives at a clock rate of 48000 audio scanning values per second. Building on this audio word clock rate, an AES/EBU time code signal can be generated which can be drawn on for the synchronization of parallel image information.

[0057] The image data of the optical sound tracks 3 generated by slow scanning and subsequently processed with different digital filters, and the audio signals, lastly converted into analog audio information, can be recorded together with the derived AES/EBU time code signal on a DAT recorder and later reproduced in real time synchronously with the time code of the parallel film frames.

[0058] The apparatus according to the invention consists of commercially available components. As the line camera 11 can be employed a CCD camera by DALSA with the type designation CL-C3 512 A, which outputs a digital video signal via an RS 422 interface.

[0059] The data processing device 13 can be a Pentium PC with MMX processor, which is equipped with a frame grabber card IC-PCI by Imaging Technology, on which an Acquisition Module AM-DIG is installed for processing digital camera signals. For the audio/visual check of the optical sound tracks 3 can be provided in the Pentium PC a graphics card "ATI Mach 64VT2" and a sound card "Terratec Sound System Base 1". For storing the image data of the optical sound tracks 3 a fast 4 Gbyte fixed disk can be employed. The control of the Pentium PC can be assumed by an operating system by Microsoft; the conversion of the restored image data of the WAV file into analog audio signals can take place with the program WaveLab 2.0. The application programs for the correction of the FPN and shading errors as well as for the determination of threshold value levels according to the previously described algorithms are written in the programming language C++.

This Page Blank (uspto)

Patent Claims

1. Apparatus for the reproduction of optical sound recordings for a film scanner with an opto/electronic converter device (1, 2', 2", 11) for scanning optical sound tracks (3) recorded on film (4), which outputs at an output (12) a picture signal,
characterized by
a device (14) for signal processing, which at an input receives the video signal from the output (12) of the opto/electronic converter device (1, 2', 2", 11) and stores it intermediately as image data,
a data processing device (16, 17) for the program-controlled processing of the intermediately stored image data, and
a device (23) for the conversion of processed image data into audio data for reproduction of the sound information recorded on the optical sound tracks (3).
2. Apparatus as claimed in claim 1,
characterized in
that the film (4) can be transported by a film transport device (8 to 10) in the longitudinal direction and can be scanned in the region of the optical sound tracks (3) by an image sensor (11), in particular a CCD line sensor, transversely to the longitudinal direction of the film (4).
3. Apparatus as claimed in claim 1,
characterized in
that the data processing device (13) is controllable by a program such that the scanning rate of the opto/electronic converter device (1, 2', 2", 11) is coupled in time with the film transport rate determined by the film transport device (8 to 10).

4. Apparatus as claimed in claim 1,
characterized in
that the image data generated by scanning the optical sound tracks (3) can be written in a RAW file format into the store (17),
that the image data of the RAW file format can be read from the store (17) under program control and can be supplied across a bus system (15) to a CPU (16),
that the CPU (16) derives from the received image data of the RAW file format through program-controlled image processing a data signal in a WAV file format, and
that from the data signal of the WAV file format an audio signal can be generated for reproduction of the sound information recorded on the optical sound tracks (3).

5. Apparatus as claimed in claim 1,
characterized in
that the CPU (16) can be controlled by a program such that an error analysis for detecting error sites in the region of the optical sound tracks (3) can be carried out in conjunction with derived image data of the optical sound tracks and that errors detected at error sites can be concealed..

6. Apparatus as claimed in claim 1,
characterized in
that a program for the control of the CPU (16) is formed such that the image data are subjected to filtering in a RAW file format.

7. Apparatus as claimed in claim 1,
characterized in
that means for the correction of fixed pattern noise errors are provided, in which the image data generated without scanning of film (4) of a specific number of lines are written line-by-line into a field, subsequently are read column-by-column from the field and subjected to a multiplicative correction according to the function
$$g_{\text{new}}(x) = (g_{\text{FPN}} / g_{\text{FPN}}(x)) * g_{\text{old}}(x).$$

8. Apparatus as claimed in claim 1,
characterized in
that means for the correction of shading errors are provided which generate from fixed pattern noise-corrected image data of the optical sound tracks (3) a compensation curve according to the

polynomial function

$$g(x) = \sum_{i=0}^{i=6} a_i x^i$$

which has a multiplicative effect on the image data generated by scanning the optical sound tracks (3).

9. **Apparatus as claimed in claim 8,**
characterized in
that the means for the correction of shading errors comprise a means for laterally delimiting the scanning region of the optical sound tracks (3).
10. **Apparatus as claimed in claim 1,**
characterized in
that the CPU (16) is controllable by a program such that errors in image data from optical sound tracks (3) recorded in variable density recording are detectable according to a gray value histogram.
11. **Apparatus as claimed in one of the preceding claims,**
characterized in
that means are provided for generating a time code signal which is derived from RAW data and/or WAV data and/or data of the film transport device of the film scanner.
12. **Apparatus as claimed in claim 1,**
characterized in
that the position of the opto/electronic converter device (1, 2', 2", 11) for scanning the optical sound tracks (3) can be set independently of the position of an opto/electronic converter device (1, 2', 2", 11) for scanning film image windows.
13. **Apparatus as claimed in claim 1 and 2,**
characterized in
that for positioning and/or focusing of the image sensor (11) a video signal generated by the image sensor (11) is supplied to an image reproduction apparatus (22).

14. Apparatus as claimed in claim 1,
characterized in
that the opto/electronic converter device (1, 2', 2'', 11) comprises an apparatus for the diffuse illumination of the film (4).

15. Apparatus as claimed in claim 1,
characterized in
that the opto/electronic converter device (1, 2', 2'', 11) comprises an apparatus for the wet-scanning of film (4).

16. Method for reproducing optical sound recordings, in which optical sound tracks (3) optically recorded on a film (4) are converted into an electric signal,
characterized thereby
that from the electric signal are derived image data,
that the image data are placed into intermediate storage,
that the intermediately stored image data are subjected to a program-controlled image processing,
and
that image data obtained through the image processing are converted into audio data for reproduction.

17. Method as claimed in claim 16,
characterized in
that the image data of the scanned gray values determined by data are interactively corrected and/or supplemented.

18. Method as claimed in claim 16,
characterized in
that in the presence of optical sound tracks (3) in variable density recording a noise component of the film grain is measured by a Fast Fourier analysis of the image data in the horizontal direction,
and
that the measured noise component is multiplied in the sense of a noise reduction by the image data in the vertical direction.

19. Method as claimed in claim 16,

characterized in

that the image data of the scanned optical sound tracks (3) are subjected to image processing in the following sequence:

- g) carrying out a fixed pattern noise correction,
- h) carrying out a global prefiltering, in particular a planar lowpass filtering,
- i) separating of image data at margin regions of the optical sound tracks (3),
- j) correcting shading errors,
- k) carrying out a local error treatment, and
- l) carrying out a global postfiltering.

20. Method as claimed in claim 16,

characterized in

that values of erroneous image data of the optical sound tracks (3) are replaced by mean values of locally and/or time adjacent error-free image data.

21. Method as claimed in claim 16,

characterized in

that the values of several erroneous image data which succeed one another in the horizontal direction are replaced by a mean value which corresponds to the mean gray value of successive lines.

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application No.
EP 1 091 573 A2

Relevant Documents

Category	Identification of Documents with specification, where required of critical parts	Re Claim	Classification of Appl. (Int.Cl.7)
Y, D	DE 197 29 201 A (PHILIPS PATENTVERWALTUNG) 14 January 1999 (1999-01-04) * column 2, line 5 - column 3, line 28 *	1, 2, 14	H04N5/253
Y	WO 92 14239 A (DOLBY LAB LICENSING CORP) 20 August 1992 (1992-08-20)	1, 2, 14	
X	* page 11, line 6 - page 18, line 13 * * page 29, line 4 - page 30, line 6 *	16	
A	DE 28 41 727 B (ROBERT BOSCH GMBH) 13 December 1979 (1979-12-13)		
A	US 5 499 114 A (COMPTON JOHN T) 12 March 1996 (1996-03-12)		Searched Fields (Int. Cl. 7)
			H04N G11B G03B

The present search report was established for all patent claims

Location DEN HAAG	Search completed 28 January 2002	Examiner Wentzel, J
----------------------	-------------------------------------	------------------------

Category of cited documents

X Particularly relevant by itself
Y Particularly relevant in combination with another document of the same category
A Technological background
D Document cited in the application

**ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT
ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO.**

EP 1 091 573 A2

This annex lists the patent family members relating to the patent document cited in the above-mentioned international search report.

The members are as contained in the European Patent Office EDP of
The European Patent Office is in no way liable for the particulars which are merely given for the purpose
of information.

28-01-2002

Patent document cited in Search Report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
DE 19729201	A	14-01-1999	DE	19729201 A1	14-01-1999
WO 9214239	A	20-08-1992	AT	132648 T	15-01-1996
			AU	657744 B2	23-03-1995
			AU	1445992 A	07-09-1992
			AU	2191392 A	08-01-1993
			CA	2079673 A1	05-08-1992
			DE	69207380 D1	15-02-1996
			DE	69207380 T2	05-06-1996
			DK	570524 T3	05-02-1996
			EP	0570524 A1	24-11-1993
			EP	0546147 A1	16-06-1993
			ES	2081611 T3	01-03-1996
			JP	6506555 T	21-07-1994
			US	6211940 B1	03-04-2001
			WO	9214239 A1	20-08-1992
			WO	9222057 A1	10-12-1992
			US	5710752 A	20-01-1998
			US	5757465 A	26-05-1998
			US	5544140 A	06-08-1996
			US	5347509 A	13-09-1994
			JP	6503197 T	07-04-1994
DE 2841727	B	13-12-1979	DE	2841727 B1	13-12-1979
			FR	2437752 A1	25-04-1980
			GB	2034150 A, B	29-05-1980
			JP	55044297 A	28-03-1980
			US	4240103 A	16-12-1980
US 5499114	A	12-03-1996	NONE		

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT OR DRAWING
- BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- GRAY SCALE DOCUMENTS
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.
As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox